



PC 2099/00272



РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ
(РОСПАТЕНТ)
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОЙ СОБСТВЕННОСТИ

рег. No 20/14-454

06 сентября 1999 г.

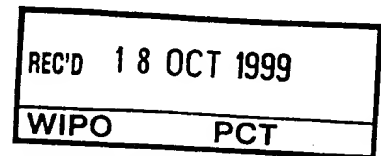
09/786477

СПРАВКА

Федеральный институт промышленной собственности Российского Агентства по патентам и товарным знакам настоящим удостоверяет, что приложенные материалы являются точным воспроизведением первоначального описания, формулы и чертежей (если имеются) заявки на выдачу патента на изобретение N 98116546, поданной в сентябре месяце 03 дня 1998 года.

Название изобретения: Способ обработки изображения.

Заявитель (и): СЕМЕНЧЕНКО Михаил Григорьевич



Действительный автор(ы): СЕМЕНЧЕНКО Михаил Григорьевич



**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Уполномоченный заверить копию
заявки на изобретение

Г.Ф. Востриков
Заведующий отделом

Способ обработки изображения

Изобретение относится к автоматике и вычислительной технике, в частности, к способам предварительной обработки изображений для повышения их резкости и контрастности.

Известен способ обработки изображения по патенту РФ N 2015561 от 16.04.91, МКИ G06K 9/40, в котором коррекцию изображения осуществляют на основе анализа исходного изображения в текущей точке и локального среднего значения сигнала в ее некоторой окрестности.

При этом исходное изображение сглаживают, т.е. формируют изображение, содержащее только низкочастотную составляющую, соответствующую фону. Затем полученное сглаженное изображение вычитают из исходного, т.е. у исходного изображения вычитают фоновую составляющую. В результате получают изображение, содержащее только высокочастотные компоненты без фона, которые затем усиливают и суммируют со сглаженным изображением.

Недостатком описанного выше способа является то, что усиливают не только полезный сигнал, но и шум,

который содержат высокочастотные компоненты, что снижает качество выходного изображения.

Известен способ обработки электронных изображений по патенту США N 5,038,388, опубликованному 06.08.91, МКИ G06K 9/40, в котором исходное изображение сглаживают и полученное сглаженное изображение вычитают из исходного, получая изображение, содержащее только высокочастотную компоненту. Полученное изображение подвергают адаптивному усилению, при котором весовой коэффициент тем больше, чем больше отличаются значения соседних элементов изображения от центрального. Выходное изображение формируют путем сложения адаптивно усиленной высокочастотной компоненты и исходного изображения, в результате достигается повышение резкости без усиления шума.

Техническое решение, описанное в вышеупомянутом патенте, не обеспечивает подавления шума, так как предлагаемый способ может только усилить высокочастотные компоненты изображения, содержащие шум.

Кроме того, недостатком описанного выше аналога является невозможность обеспечения значительного повышения резкости слабо заметных деталей изображения, так как такое повышение требует усиления высокочастотных компонент в тех областях изображения, где

отличие соседних элементов от центрального сравнимо с шумом, поэтому усиление высокочастотных компонент в таких областях приводит к усилению шума.

Известен способ обработки изображения по патенту США N 5,381,490, опубликованному 10.01.95, МКИ G06K 9/40, в котором производят вычисление наибольшей разности (Δ) между выбранным элементом изображения и его ближайшими соседями. В зависимости от величины полученной разности выбирают один из трех режимов работы:

- усиление границ путем усиления высокочастотной компоненты, если $\Delta > T_1$, где T_1 - первое предопределенное пороговое значение;
- передача исходного изображения без изменений, если $T_2 < \Delta < T_1$, где T_2 - второе предопределенное пороговое значение;
- сглаживание изображения (для подавления шума), если $\Delta < T_2$.

Одним из недостатков описанного выше способа является то, что выбор режима работы, осуществляемый на основании сравнения наибольшей разности с пороговыми значениями, может привести, в случае изменения этой разности вблизи одного из пороговых значений для не-

скольких соседних элементов изображения, к избирательному усилению шума, вызванному различными режимами обработки соседних элементов изображения.

Кроме того, пороговые значения T_1 и T_2 не вычисляются адаптивно, что приводит к невозможности качественной обработки изображений с различными уровнями шума без подстройки.

Другой подход к проблеме понижения шума при обработке изображения описан в патенте США N 5,563,963, опубликованном 08.10.96, МКИ G06K 9/40, в котором для каждого элемента исходного изображения выбирают множество групп его соседей, причем каждая из групп имеет форму квадрата $N \times N$ элементов, где N меняется, например, от 2 до 21. Выбранный элемент изображения может находиться в любом месте этого квадрата. Для каждой из выбранных групп элементов изображения методом наименьших квадратов производят приближение этой группы линейной функцией (планарное приближение), вычисляют ошибку указанного приближения и определяют новое значение выбранного элемента согласно этому приближению.

Элемент выходного изображения формируют путем взвешенного суммирования новых значений выбранного элемента по всем группам, причем вес группы тем выше,

чем меньше ошибка линейного приближения для данной группы.

Недостатком описанного выше аналога является невозможность усиления границ или деталей изображения, так как описанный способ производит только сглаживание шума. Кроме того, описанный выше способ требует больших вычислительных затрат для построения линейных приближений по сотням групп для каждого из сотен тысяч элементов изображения.

Известны способ и устройство обработки изображений по патенту США N 5,739,922, опубликованному 14.04.98, МКИ G06K 9/40, H04N 1/40, в котором исходное цветное изображение разделяют на три изотропных частотных канала: низкочастотный (НЧ), среднечастотный (СЧ) и высокочастотный (ВЧ) каналы, затем производят адаптивное усиление ВЧ изображения и адаптивное ослабление СЧ изображения. При этом множители для элементов ВЧ и СЧ изображений тем выше, чем больше корреляция между тремя цветовыми компонентами. Выходное изображение при этом формируют путем суммирования НЧ изображения с адаптивно ослабленным СЧ изображением и адаптивно усиленным ВЧ изображением.

Техническое решение, описанное в указанном выше аналоге, имеет ограниченное применение, так как при-

менимо только для цветных изображений, поскольку при обработке информации используют корреляцию между цветами.

Кроме того, в известном аналоге усиливают ВЧ компоненты изображения, также содержащие шум, а степень подавления шума в СЧ компонентах изображения ограничена из-за отсутствия разделения входного изображения по направлениям. Эти недостатки описанного способа существенно снижают подавление шума.

Применение изотропных каналов делает невозможным выделение и усиление слабых деталей, имеющих вытянутую форму, и особенно границ.

Все описанные недостатки снижают качество выходного изображения.

Наиболее близким аналогом является способ обработки изображения по патенту США N 5,351,305, опубликованному 27.09.94, МКИ G06K 9/40, в котором из исходного изображения путем частотной фильтрации получают множество изображений, фильтрованных по направлению. Выходное изображение формируют путем выборки каждого элемента изображения либо из одного из фильтрованных по направлению изображений, либо из исходного изображения, в зависимости от наличия или отсутствия контрастной границы, соседней с выбранным

(обрабатываемым) элементом исходного изображения. При этом наличие контрастной границы для выбранного элемента изображения определяют путем вычисления собственного вектора и сравнения его длины с предопределенным пороговым значением.

При отсутствии границы соответствующий элемент выходного изображения принимается равным соответствующему элементу входного изображения.

При наличии границы соответствующий элемент выходного изображения принимают равным соответствующему элементу того фильтрованного по направлению изображения, в котором направление фильтрации наиболее близко определенному направлению границы.

В описанном выше способе обработки изображения при определении границы изображения возможен случай, когда длина собственного вектора для соседних элементов изображения изменяется вблизи порогового значения. В этом случае может произойти избирательное усиление шума, вызванное выборкой соседних элементов изображения из разных изображений (исходного и фильтрованного по направлению), что приводит к ухудшению качества выходного изображения.

Кроме того, исходные изображения с различным уровнем шума требуют существенно различных пороговых

значений, в то время как данный способ не предусматривает адаптивного изменения этого порогового значения, что приводит к невозможности качественной обработки изображений с различным уровнем шума.

Выборку элементов выходного изображения при наличии границы производят только из одного из фильтрованных по направлению изображений, что приводит к полному подавлению всех деталей исходного изображения, которые отличаются по направлению от обнаруженной границы, даже в случае, когда эти детали хорошо видны в исходном изображении.

Задачей заявляемого в качестве изобретения технического решения является повышение резкости и контрастности изображения при одновременном подавлении шумов.

Поставленная задача решается тем, что в способе обработки изображения, основанном на представлении исходного изображения в виде матрицы элементов изображения, разделении исходного изображения на n частотных каналов, каждый из которых содержит матрицу той же размерности, что и исходное изображение, выделении структур (деталей) изображения, отличающихся, например, по яркости от фона, и формировании выходного изображения из указанных выше n частотных каналов

с учетом выделенных структур, при разделении изображения на частотные каналы выделяют низкочастотный канал и $n-1$ высокочастотных каналов, для выделения структур в каждом из $n-1$ выделенных каналов для каждого элемента изображения производят вычисление корреляции между выбранным элементом изображения и окружающими его элементами изображения, сравнивают полученное значение корреляции со значениями корреляции для соответствующих по положению элементов изображений в других частотных каналах и с пороговым значением для данного канала, по результатам сравнения формируют для каждого из элементов изображений каждого из $n-1$ частотных каналов весовой коэффициент, а формирование выходного изображения производят путем суммирования каждого из элементов изображения низкочастотного канала со всеми произведениями соответствующих по положению элементов изображений $n-1$ частотных каналов на соответствующие им весовые коэффициенты.

Поставленная задача достигается также тем, что m из $n-1$ частотных каналов, где $2 \leq m \leq n-1$, отличаются друг от друга только направлением преимущественного пропускания. При этом, весовой коэффициент для каждого элемента изображения каждого из m частотных кана-

лов определяется путем сравнения соответствующего значения корреляции с пороговым значением и со значениями корреляций для соответствующих по положению элементов изображений в остальных $m-1$ частотных каналах.

Поставленная задача решается также тем, что значение корреляции для каждого элемента изображения вычисляют путем умножения данного элемента изображения на взвешенную сумму соседних элементов, а при вычислении взвешенной суммы соседних элементов используют анизотропные веса, причем направление анизотропии соответствует направлению преимущественного пропускания обрабатываемого частотного канала.

Кроме того, пороговое значение для каждого из $n-1$ частотных каналов определяют путем анализа распределения значений или абсолютных величин элементов изображения этого частотного канала. Может также быть, что пороговые значения для всех частотных каналов определяют путем анализа распределения значений элементов исходного изображения или их абсолютных величин.

Заявляемый в качестве изобретения способ обладает следующими отличительными от ближайшего аналога признаками:

1) при разделении изображения на частотные каналы выделяют низкочастотный канал и $n-1$ высокочастотных каналов;

2) для выделения структур в каждом из $n-1$ высокочастотных каналов для каждого элемента изображения производят вычисление корреляции между выбранным элементом изображения и окружающими его элементами изображения, сравнивают полученное значение корреляции со значениями корреляции для соответствующих по положению элементов изображений в других частотных каналах и с пороговым значением для данного канала, по результатам сравнения формируют для каждого из элементов изображений каждого из $n-1$ частотных каналов весовой коэффициент;

3) формирование выходного изображения производят путем суммирования каждого из элементов изображения низкочастотного канала со всеми соответствующими по положению элементами изображений $n-1$ частотных каналов, умноженными на соответствующие им весовые коэффициенты.

По первому признаку необходимо отметить, что выделение необрабатываемого низкочастотного канала позволяет обеспечить неискаженное воспроизведение крупных деталей (объектов) изображения, так как эти объ-

екты проходят через низкочастотный канал без обработки. В то же время энергия шума, проникающего через необрабатываемый низкочастотный канал, мала, т.к. большая часть этой энергии приходится на ВЧ область.

Кроме того, выделение необрабатываемого низкочастотного канала позволяет ускорить вычисление корреляций в $n-1$ частотных каналах, так как для вычисления корреляций требуется вычитание фона, т.е. локального среднего значения. Такое вычитание осуществляется при выделении (вычитании) низкочастотного канала.

Выделение нескольких высокочастотных каналов позволяет, в отличие от выделения одного или двух каналов, повысить подавление шума, т.к. не пропускаются элементы изображения тех каналов, в которых отсутствуют структуры около этих элементов изображения.

По второму отличительному признаку следует отметить, что использование корреляции между выбранным элементом изображения и его соседями для выделения структур позволяет обеспечить обнаружение слабых структур на фоне шума, т.к. типичный шум имеет значения корреляции, близкое к нулю, а значения корреляции для нескольких соседних элементов изображения, формирующих структуру, оказываются положительными и близкими друг к другу. Это, в свою очередь, позволяет

обеспечить высокое подавление шума в сочетании с усилением структур, т.е. контрастности и резкости изображения.

Использование корреляции между выбранным элементом и его соседями для выделения структур (деталей) позволяет получить количественную характеристику интенсивности структур (границ) в каждом месте изображения. Это, в свою очередь, позволяет произвести избирательное усиление структур определенной силы при вычислении весовых коэффициентов, например, слабых структур. Использование корреляции между выбранным элементом и его соседями также позволяет применять описываемый способ к широкому кругу изображений, включая, например, цветные, черно-белые и трехмерные изображения.

Третий отличительный признак, заключающийся в формировании выходного изображения путем взвешенного суммирования частотных каналов, позволяет в отличие от выборки элементов выходного изображения из одного из частотных каналов, полностью устранить эффект избирательного усиления шума, вызванный выборкой соседних элементов изображения из разных частотных каналов.

Кроме того, определение порогового значения путем анализа распределения элементов изображения позволяет обеспечить высококачественную обработку изображений как с высоким уровнем шума, так и с низким без подстройки параметров.

Кроме того, использование анизотропных частотных каналов и анизотропных весов позволяет обеспечить высокую чувствительность способа к слабым структурам, имеющим вытянутую форму, а также к слабым границам.

Заявляемое изобретение поясняется чертежами устройства, реализующего способ.

На фиг.1 представлена блок-схема устройства, на фиг.2-5 приведены примеры реализации блоков устройства фиг.1, где на фиг.2 - блок разделения частот, на фиг.3 - блок вычисления корреляций, на фиг.4 - блок формирования весовых коэффициентов, на фиг.5 - блок формирования выходного изображения.

Далее на фиг.6 приведен пример задания predetermined матриц выбора частотных каналов, фиг.7 - иллюстрация работы блока разделения частот, фиг.8 - пример задания функциональной зависимости весовых коэффициентов от значений корреляций.

В соответствии с чертежом фиг.1, устройство содержит датчик сигнала изображения 1, выход которого

соединен с входом блока разделения частот 2, низкочастотный выход 7 которого соединен с входом 9 блока формирования выходного изображения 5, остальные выходы блока разделения частот 2 соединены с соответствующими входами блока вычисления корреляции 3 и с входами $10_1 - 10_4$ блока формирования выходного изображения 5, другие входы $8_1 - 8_4$ которого соединены с соответствующими выходами блока формирования весовых коэффициентов 4, соответствующие входы которого соединены с соответствующими выходами блока вычисления корреляции 3, причем выход блока формирования выходного изображения 5 соединен с входом блока памяти 6, выход которого является выходом устройства.

На фиг.2 представлен пример реализации блока разделения частот 2. В соответствии с чертежом блок 2 содержит прямой Фурье-процессор 11, вход которого соединен с выходом блока 1, а выход прямого Фурье-процессора соединен с первыми входами матричных умножителей $12_0 - 12_4$, вторые входы которых соединены с выходами соответствующих блоков памяти $13_0 - 13_4$, содержащих predetermined матрицы разделения частотных каналов (фиг.6). Матричные умножители $12_0 - 12_4$ осуществляют поэлементное умножение матриц, поступающих на их входы, а их выходы соединены с входами обратных

Фурье-процессоров 14₀ - 14₄. Выход обратного Фурье-процессора 14₀ является входом 9 блока формирования выходного изображения 5, а выходы обратных Фурье-процессоров 14₁ - 14₄ являются входами 10₁ - 10₄ блока формирования выходного изображения 5 и соединены с соответствующими входами блока вычисления корреляций 3.

На фиг.3 представлен блок вычисления корреляций 3, содержащий блок памяти 15 для хранения изображения данного частотного канала, один вход которого является входом блока вычисления корреляций 3 и соединен с входом блока определения шума 20, выход которого соединен с одним из входов делителя 19, второй вход которого соединен с выходом умножителя 18, один из входов которого соединен с выходом 21 блока памяти 15, другие выходы 22 которого через умножающий сумматор 17 соединены со вторым входом умножителя 18, второй вход блока памяти 15 соединен с блоком формирования адреса для памяти изображений 16. Выход делителя 19 является выходом блока вычисления корреляций 3.

Блок определения шума 20 может быть выполнен по схеме, указанной в патенте США N 5,657,401, опубл. 12.08.97, М.кл. G06K 9/40.

Все блоки памяти являются блоками с произвольным доступом и выполнены по известным схемам.

Умножающий сумматор 17 может быть, например, выполнен в виде восьми умножителей (по количеству соседних с выбранным элементов изображения), каждый из которых имеет два равноправных входа и один выход. Выходы всех умножителей соединены с соответствующими входами сумматора, выход которого является выходом блока 17. Первые входы умножителей являются входами блока 17, на вторые входы умножителей подаются predetermined коэффициенты.

На фиг.4 представлен блок формирования весовых коэффициентов 4, содержащий блоки округления $23_1 - 23_4$, входы которых являются входом блока формирования весовых коэффициентов 4, а выходы соединены с входами блока формирования адреса 24, выход которого соединен с входами функциональных преобразователей $25_1 - 25_4$, являющихся блоками памяти, хранящими для каждого набора из четырех входных значений корреляции значение весового коэффициента. Выходы функциональных преобразователей $25_1 - 25_4$ соединены со входами блоков памяти $26_1 - 26_4$ для накопления весовых коэффициентов, другие входы этих блоков соединены с выходом блока формирования адреса 27, а выходы блоков $26_1 - 26_4$ сое-

динены с соответствующими входами сумматора усреднения весовых коэффициентов $28_1 - 28_4$, выходы которых являются выходами блока формирования весовых коэффициентов 4.

На фиг.5 представлен блок формирования выходного изображения 5, содержащий четыре умножителя $29_1 - 29_4$, первые входы которых $8_1 - 8_4$ являются выходами блока формирования весовых коэффициентов 4, а вторые входы $10_1 - 10_4$ являются выходами блока разделения частот 2. Выходы умножителей $29_1 - 29_4$ соединены с соответствующими входами сумматора 30, вход 9 которого является выходом 7 блока разделения частот 2, причем выход сумматора 30 является входом блока памяти выходного изображения 6.

Способ реализуется устройством следующим образом. Входное изображение с выхода датчика изображения 1 поступает на вход блока разделения частот 2 (фиг.1). В качестве датчика изображения 1 может быть использован, например, ЯМР-томограф, на выходе которого получают изображение, описывающее срез объекта, в виде матрицы, содержащей дискретные элементы изображения. В блоке разделения частот 2 (фиг.2) входное изображение, пример которого представлен на фиг.7а, преобразуется в частотное представление блоком 11 путем

прямого преобразования Фурье. Частотное представление содержит всю информацию, которая присутствует во входном изображении и представляет собой матрицу той же размерности, что и входное изображение. Эта матрица поступает на идентичные матричные умножители $12_0 - 12_4$, осуществляющие поэлементное умножение матрицы частотного представления на predetermined матрицы выбора частотных каналов. Последние содержат множители для каждой из пространственных частот и находятся в блоках памяти $13_0 - 13_4$. Примеры этих матриц показаны на фиг.6.

Поскольку изображение представлено в виде двумерной матрицы, его частотное представление также является двумерной матрицей. На фиг.6а схематически показана матрица частотного представления, где оси пространственных частот в горизонтальном и вертикальном направлениях обозначены соответственно k_x и k_y .

Нулевая пространственная частота, соответствующая постоянной плотности (поз.31) изображения, находится на пересечении осей k_x и k_y .

Максимальная пространственная частота в горизонтальном направлении находится в точках поз.32 и 33; соответствующие этим точкам примеры входного изображения представлены на поз.34 и 35.

Аналогично, максимальная пространственная частота в вертикальном направлении находится в точках поз.36 и 37; пример входного изображения, соответствующий этим точкам, приведен на поз.38.

В точках поз.39-42 находятся максимально возможные значения пространственной частоты. Соответствующий им пример входного изображения представлен на поз.43.

Средняя пространственная частота в горизонтальном направлении находится в точке поз.45. Соответствующий ей пример входного изображения представлен на поз.44.

Расположение пространственных частот на фиг.6(b-f) соответствует схеме фиг.6a.

На фиг.6b схематически изображена предопределенная матрица выбора НЧ канала, хранящаяся в блоке памяти 13₀.

Темная область 46 соответствует единичным значениям матричных элементов, т.е. тем пространственным частотам, которые проходят в НЧ канал, а светлые области соответствуют нулевым значениям матричных элементов, т.е. тем частотам, которые не проходят в НЧ канал.

На фиг.6(c-f) схематически изображены матрицы выбора четырех ВЧ каналов. При этом использованы те же обозначения, что и на фиг.6b.

Следует отметить, что сумма всех матриц выбора частотных каналов (фиг.6,b-f) равна матрице, все элементы которой равны 1(единице), т.е. вся информация, содержащаяся в исходном изображении, проходит хотя бы в один из частотных каналов.

На выходе каждого из матричных умножителей $12_0 - 12_4$ (фиг.2) формируются матрицы соответствующих частотных каналов в частотном представлении. Для преобразования этих матриц в координатное представление использованы обратные Фурье-процессоры $14_0 - 14_4$.

Прямой 11 и обратные $14_0 - 14_4$ Фурье-процессоры могут быть выполнены на основе алгоритма быстрого преобразования Фурье (см., например, Cooley, J.W., Lewis, P.A.W. and Welch, P.D. (1969) The finite Fourier transform. I.E.E.E. Trans. Audio Electroacoustics AU-17,2,77-86).

Примеры изображений, формируемых на выходах обратных Фурье-процессоров $14_0 - 14_4$ в результате обработки изображения фиг.7a, показаны на фиг.7(b-f). При этом изображение НЧ канала 7b с выхода Фурье-процес-

сора 14₀, являющегося выходом 7 блока разделения частот 2, поступает на вход 9 блока формирования выходного изображения, а изображение четырех ВЧ каналов 7(c-f) с выходов Фурье-процессоров 14₁ - 14₄, являющихся другими выходами блока разделения частот 2, поступают на соответствующие входы блока вычисления корреляций 3 и на входы 10₁ - 10₄ блока формирования выходного изображения 5.

Рассмотрим обработку этой информации на примере одного частотного канала, так как эта обработка идентична во всех частотных каналах.

Блок памяти 15 (фиг.3) используется для хранения изображения обрабатываемого частотного канала. Для вычисления ненормированного значения корреляции из памяти 15 последовательно выбирается элемент изображения 21 и его окружение 22. Последнее поступает на вход умножающего сумматора 17, реализующего следующую функцию:

$$r = \sum_{i=1}^N V_i \cdot X_i$$

где N - число элементов изображения в окружении 22, предпочтительно N=8, V_i - predetermined весовые коэффициенты (предпочтительно V_i = 1/8), X_i - значение элементов изображения из окружения 22. Взвешенная

сумма соседних элементов изображения умножается на выбранный элемент изображения умножителем 18, на выходе которого получают ненормированное значение корреляции для выбранного элемента изображения. Для сравнения полученного значения корреляции (выход блока 18) с пороговым значением (выход блока 20) корреляция делится на пороговое значение делителем 19 и результат сравнивается с единицей в блоке формирования весовых коэффициентов 4. Указанные операции повторяются для всех элементов изображения обрабатываемого частотного канала.

Изображение обрабатываемого частотного канала также поступает на вход блока определения шума 20. Полученный в блоке 20 результат используется в качестве порогового значения для нормирования корреляции делителем 19. В результате на выходе блока вычисления корреляций 3 формируется матрица, содержащая значения корреляции для всех элементов изображения данного частотного канала, причем эти значения нормированы пороговым значением для данного частотного канала.

Полученное из блока 3 значение корреляции по четырём каналам поступает на входы блоков округления 23₁ - 23₄ (фиг.4), являющиеся входами блока 4 формирования

весовых коэффициентов, в котором производится уменьшение разрядности данных до четырех или пяти бит на элемент изображения.

Округленные данные с выходов блоков $23_1 - 23_4$ поступают на входы блока формирования адреса 24, который преобразует четыре четырех- или пятибитовых слова в одно 16-ти или 20-ти битовое. Сформированный адрес подается на входы четырех функциональных преобразователей $25_1 - 25_4$. Каждый из функциональных преобразователей $25_1 - 25_4$ представляет собой блок памяти, в котором хранятся значения весового коэффициента для каждой комбинации четырех значений корреляции в четырех частотных каналах, причем каждой такой комбинации соответствует единственное значение адреса, сформированного блоком 24.

Пример функциональной зависимости весового коэффициента W_i любого из частотных каналов от значений корреляции C_i в этом частотном канале и значений корреляции в остальных трех частотных каналах показан на фиг.8, где Δ - пороговое значение для этого частотного канала. Весовой коэффициент W_i зависит от значения корреляции C_i и максимального значения L корреляции в остальных трех частотных каналах. Эта зависимость показана с помощью семейства кривых:

кривая А при $C_i \geq 0.7L$

кривая В при $C_i = 0.5L$

кривая С при $C_i = 0.3L$

кривая D при $C_i = 0.1L$

кривая Е при $C_i = 0.01L$

Значения весовых коэффициентов для каждого из частотных каналов с выходов функциональных преобразователей $25_1 - 25_4$ накапливаются в блоках памяти весовых коэффициентов $26_1 - 26_4$. Блок формирования адреса 27 и сумматоры $28_1 - 28_4$ служат для сглаживания этих весовых коэффициентов в каждом из частотных каналов. Для этого из блока памяти, например 26_1 , последовательно выбираются элемент изображения и его окружение, которые поступают на входы сумматора 28_1 и складываются. Их сумма поступает на выход блока 28_1 , являющегося одним из выходов блока формирования весовых коэффициентов 4.

С выхода блока 4 весовые коэффициенты поступают на входы $8_1 - 8_4$ (фиг.5) умножителей $29_1 - 29_4$, являющихся входами блока формирования выходного изображения 5, на вторые входы $10_1 - 10_4$ умножителей $29_1 - 29_4$ поступают значения элементов изображения четырех частотных каналов с выходов блока разделения частот 2. Полученные произведения элементов изображений частотных каналов

на соответствующие им весовые коэффициенты поступают на входы сумматора 30. Кроме того, на вход 9 этого же сумматора поступает соответствующий элемент изображения низкочастотного канала. Сумматор 30 формирует элементы выходного изображения, которые накапливаются в блоке памяти выходного изображения 6 (фиг.1).

В описанном выше техническом решении приведен пример реализации способа применительно к обработке двумерных скалярных изображений. Аналогичным образом происходит обработка трехмерных изображений. При этом в элементах устройства, реализующего описанный способ, увеличивается количество обрабатываемых частотных каналов, используется трехмерный Фурье-процессор, а для вычисления корреляций используют сумму не 8, а 26 ближайших соседних элементов.

Заявляемый способ также может быть использован для обработки векторных изображений, в частности цветных, где три компоненты вектора соответствуют, например, интенсивности трех базовых цветов для данного элемента изображения. Для этого скалярные операции, такие как преобразование Фурье и суммирование, заменяются векторными, а для вычисления корреляций применяется скалярное произведение данного элемента изображения на векторную взвешенную сумму его соседних

элементов, при этом векторный сумматор содержит по одному обычному (скалярному) сумматору для каждой компоненты вектора.

Способ обработки изображения согласно изобретению имеет следующие преимущества.

Во-первых, использование корреляции между выбранным элементом изображения и его соседями позволяет обнаружить слабые структуры на фоне шума, что обеспечивает высокое подавление шума в сочетании с усилением слабых структур, т.е. существенно улучшает качество изображения.

Использование корреляции между выбранным элементом и его соседями позволяет применять описанный способ к широкому кругу изображений, включая цветные, черно-белые и трехмерные изображения.

Во-вторых, определение порогового значения путем анализа распределения элементов изображения позволяет обеспечить высококачественную обработку изображений с существенно различными уровнями шума без подстройки параметров.

В-третьих, благодаря использованию НЧ канала обеспечивается неискаженное воспроизведение крупных деталей изображения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обработки изображения, основанный на представлении исходного изображения в виде матрицы элементов изображения, разделении исходного изображения на n частотных каналов, каждый из которых содержит матрицу той же размерности, что и исходное изображение, выделении структур (деталей) изображения, отличающихся, например, по яркости от фона, и формировании выходного изображения из указанных выше n частотных каналов с учетом выделенных структур, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что при разделении изображения на частотные каналы выделяют низкочастотный канал и $n-1$ высокочастотных каналов, для выделения структур в каждом из $n-1$ частотных каналов для каждого элемента изображения производят вычисление корреляции между выбранным элементом изображения и окружающими его элементами изображения, сравнивают полученное значение корреляции со значениями корреляции для соответствующих по положению элементов изображений в других частотных каналах и с пороговым значением для данного канала, по результатам сравнения формируют для каждого из элементов изображений каждого из $n-1$ частотных каналов весовой коэффициент, а формирование выход-

ного изображения производят путем суммирования каждого из элементов изображения низкочастотного канала со всеми соответствующими по положению элементами изображений $n-1$ частотных каналов, умноженными на соответствующие им весовые коэффициенты.

2. Способ по пункту 1, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что весовой коэффициент для каждого элемента изображения каждого из $n-1$ частотных каналов определяют путем сравнения соответствующего значения корреляции с пороговым значением.

3. Способ по пункту 2, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что весовой коэффициент связан со значением корреляции и пороговым значением следующим образом:

- весовой коэффициент минимален, если значение корреляции существенно меньше порогового значения;
- весовой коэффициент монотонно возрастает от минимального до максимального значения, если значение корреляции сравнимо с пороговым значением;
- весовой коэффициент максимален, если значение корреляции существенно больше порогового значения.

4. Способ по пункту 2, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что весовой коэффициент связан со значением корреляции и пороговым значением следующим образом:

- весовой коэффициент минимален, если значение корреляции существенно меньше порогового значения;
- весовой коэффициент монотонно возрастает от минимального до максимального значения, если значение корреляции возрастает до второго порогового значения, равного произведению порогового значения на predetermined коэффициент;
- весовой коэффициент монотонно убывает от максимального значения до предельного значения, если значение корреляции больше второго порогового значения.

5. Способ по пункту 1, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что m из $n-1$ частотных каналов, где $2 \leq m \leq n-1$, отличаются друг от друга только направлением преимущественного пропускания.

6. Способ по пункту 5, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что весовой коэффициент для каждого элемента изображения каждого из m частотных каналов определяется путем сравнения соответствующего значения корреляции с пороговым значением и со значениями корреляций для соответствующих по положению элементов изображений в остальных $m-1$ частотных каналах.

7. Способ по пункту 1, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что элемент изображения представляет собой одно число, харак-

теризующее, например, яркость соответствующей точки изображения.

8. Способ по пункту 7, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что значение корреляции для каждого элемента изображения вычисляют путем умножения данного элемента изображения на взвешенную сумму соседних элементов.

9. Способ по пунктам 8 и 5, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что при вычислении взвешенной суммы соседних элементов используют анизотропные веса, причем направление анизотропии соответствует направлению преимущественного пропускания обрабатываемого частотного канала.

10. Способ по пункту 7, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что пороговое значение для каждого из $n-1$ частотных каналов определяют путем анализа распределения значений элементов изображения этого частотного канала.

11. Способ по пункту 7, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что пороговые значения для всех частотных каналов определяют путем анализа распределения значений элементов исходного изображения.

12. Способ по пункту 1, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что элемент изображения представляет собой вектор, компоненты которого характеризуют, например, яркости трех основных цветов (красный, зеленый, синий).

13. Способ по пункту 12, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что значение корреляции для каждого элемента изображения вычисляется путем скалярного умножения данного элемента изображения на взвешенную сумму соседних элементов.

14. Способ по пунктам 13 и 5, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что при вычислении взвешенной суммы соседних элементов используют анизотропные веса, причем направление анизотропии соответствует направлению преимущественного пропускания обрабатываемого частотного канала.

15. Способ по пункту 12, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что пороговое значение для каждого из $n-1$ частотных каналов определяют путем анализа распределения абсолютных величин векторов, представляющих элементы изображения этого частотного канала.

16. Способ по пункту 12, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что пороговые значения для всех частотных каналов определяют путем анализа распределения абсолютных величин векторов, представляющих элементы исходного изображения.

17. Способ по пункту 1, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что перед вычислением весовых коэффициентов, по крайней мере, в одном из $n-1$ частотных каналов, производят сглаживание значений корреляции для нескольких соседних элементов изображения.

18. Способ по пункту 17, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что перед усреднением значений корреляций производят нелинейное преобразование корреляций таким образом, что значения, меньшие или сравнимые с пороговым значением, остаются неизменёнными, а значения, существенно большие порогового значения, уменьшаются.

19. Способ по пункту 1, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что при формировании весового коэффициента, по крайней мере, в одном из $n-1$ частотных каналов производят сглаживание этого весового коэффициента по нескольким соседним элементам изображения.

20. Способ по пункту 1, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что входное изображение представляет собой p -мерную матрицу элементов изображения, где $p \geq 3$.

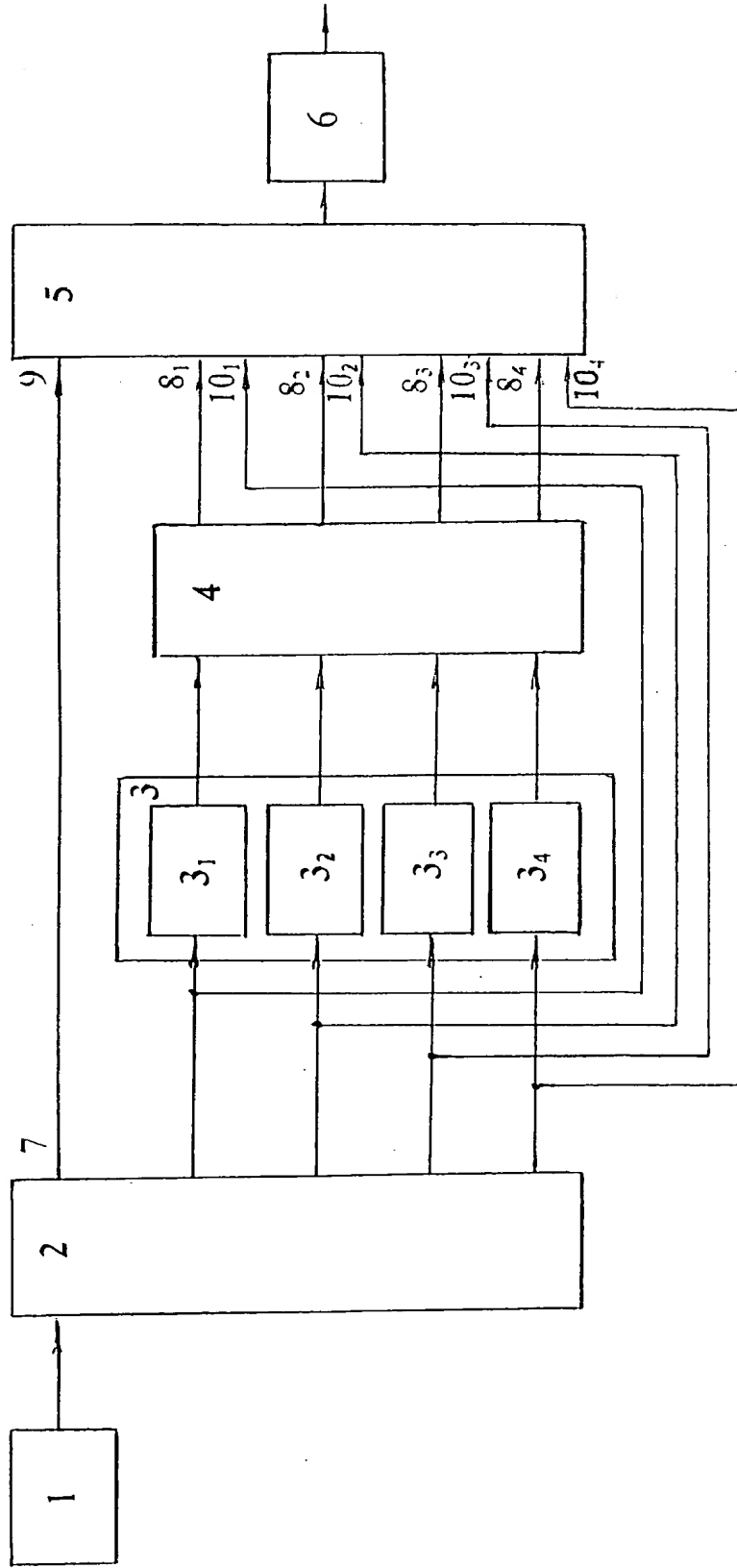
21. Способ по пункту 1, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что для формирования весового коэффициента хотя бы в одном из $n-1$ частотных каналов используют различные пороговые значения для различных частей изображения.

22. Способ по пунктам 7 и 21, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ тем, что пороговые значения для различных частей изображения и различных частотных каналов определяют путем анализа распределения значений элементов соответствующих частей изображения соответствующего частотного канала.

23. Способ по пунктам 12 и 21, отличающийся тем, что пороговые значения для различных частей изображения и различных частотных каналов определяют путем анализа распределения абсолютных величин векторов, представляющих элементы соответствующих частей изображения соответствующего частотного канала.

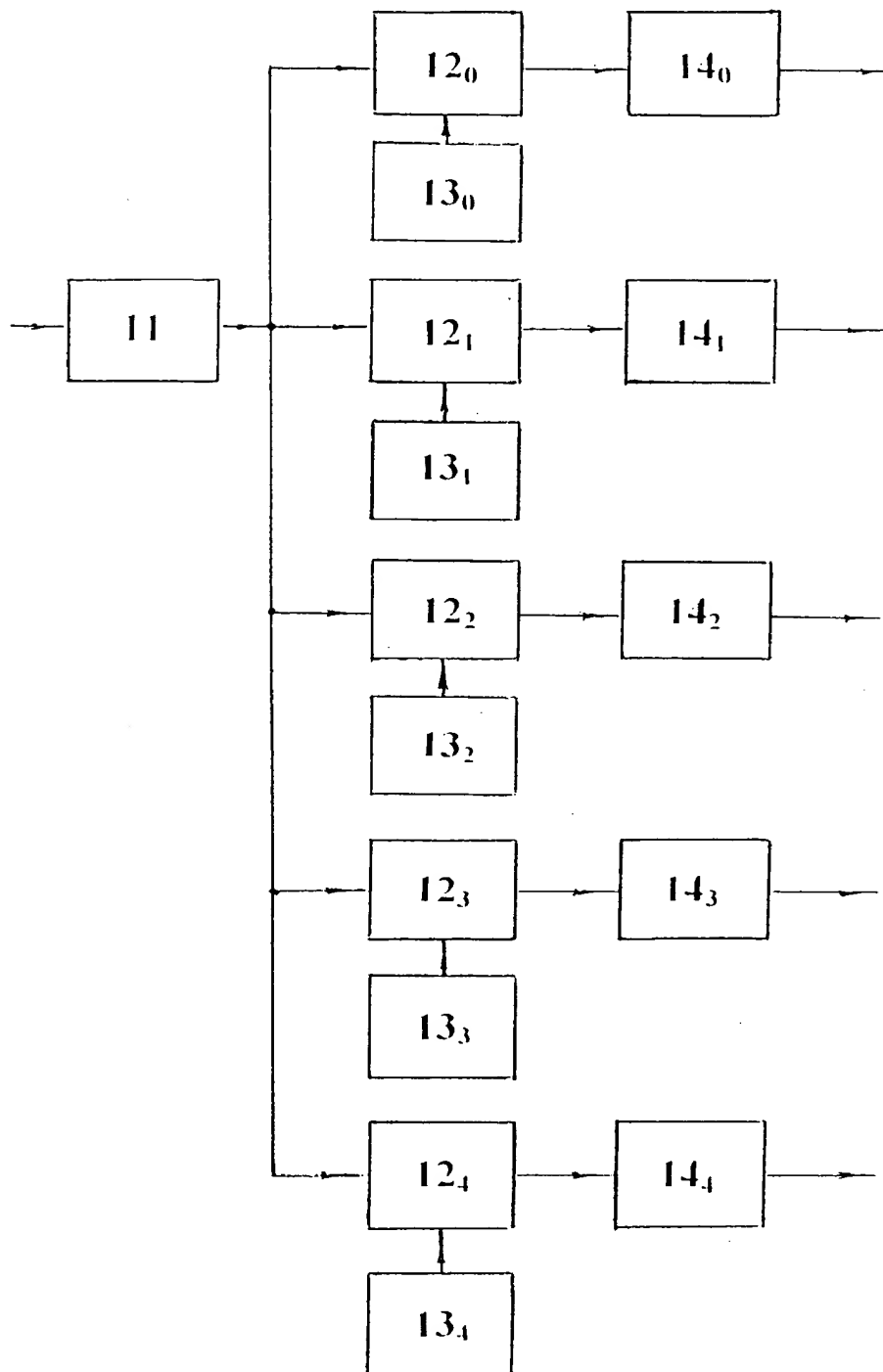
Автор-заявитель *Семенченко* Семенченко М.Г.

Способ обработки изображения



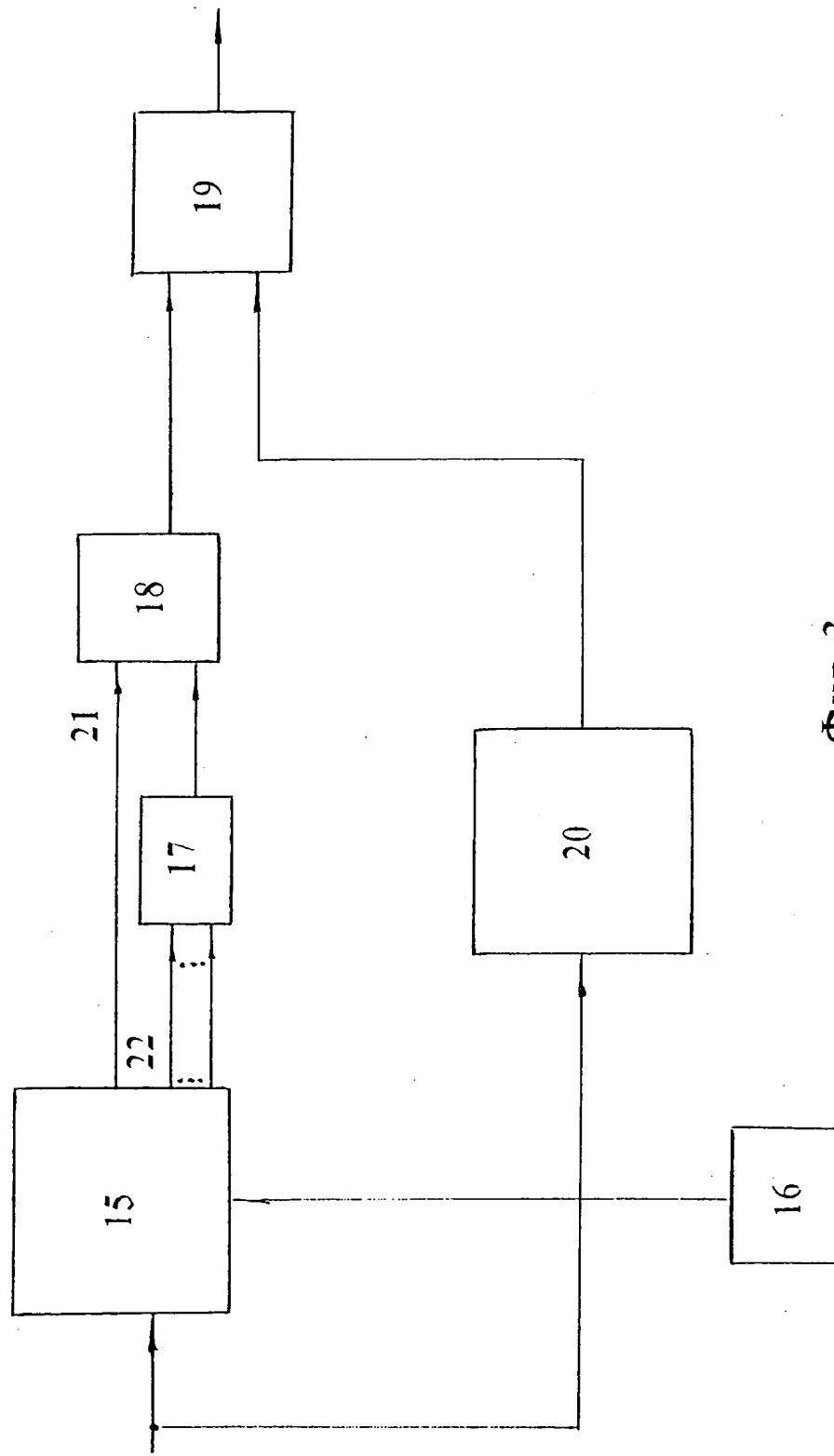
Фиг. 1

Способ обработки изображения



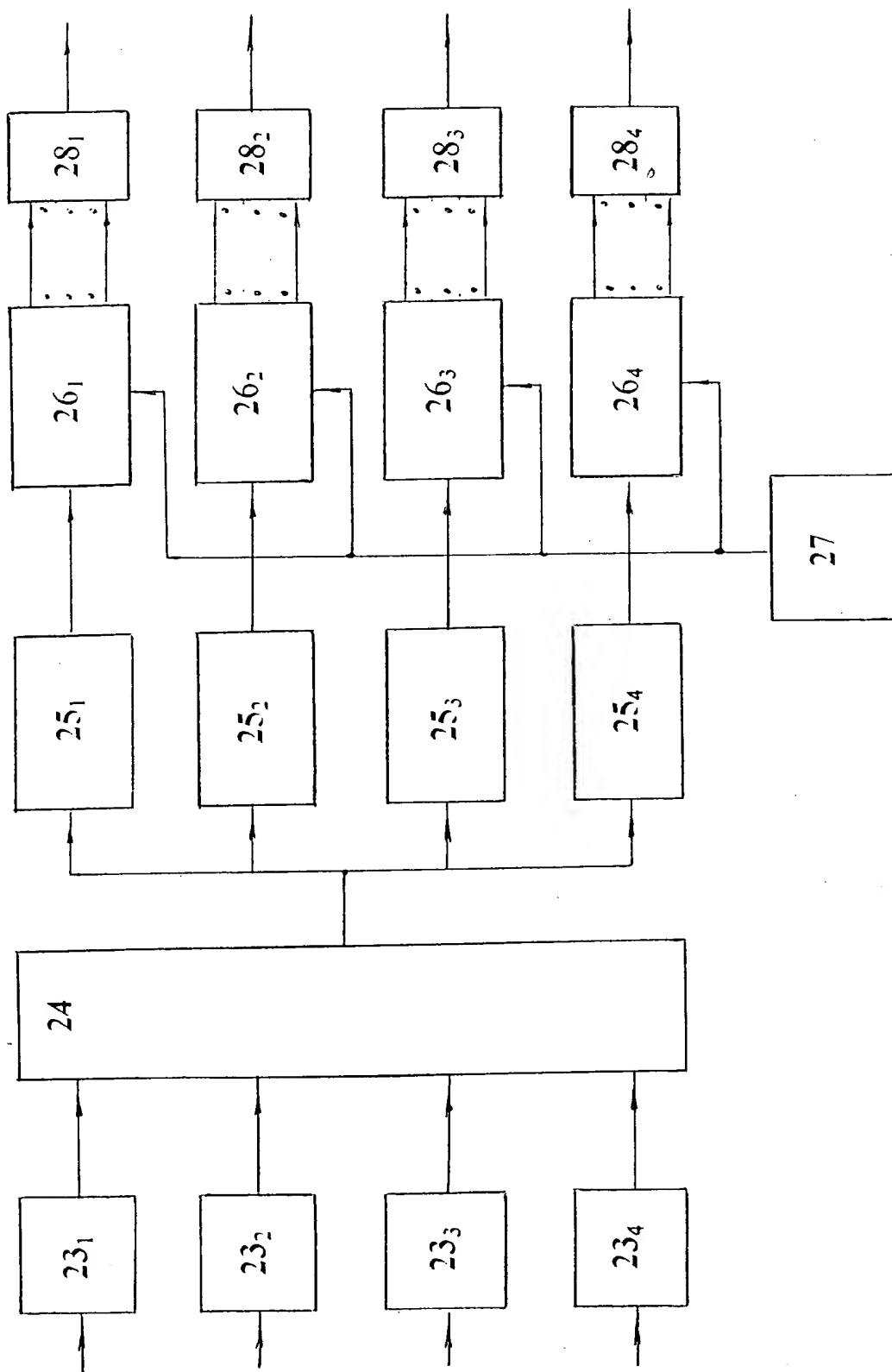
Фиг. 2

Способ обработки изображения



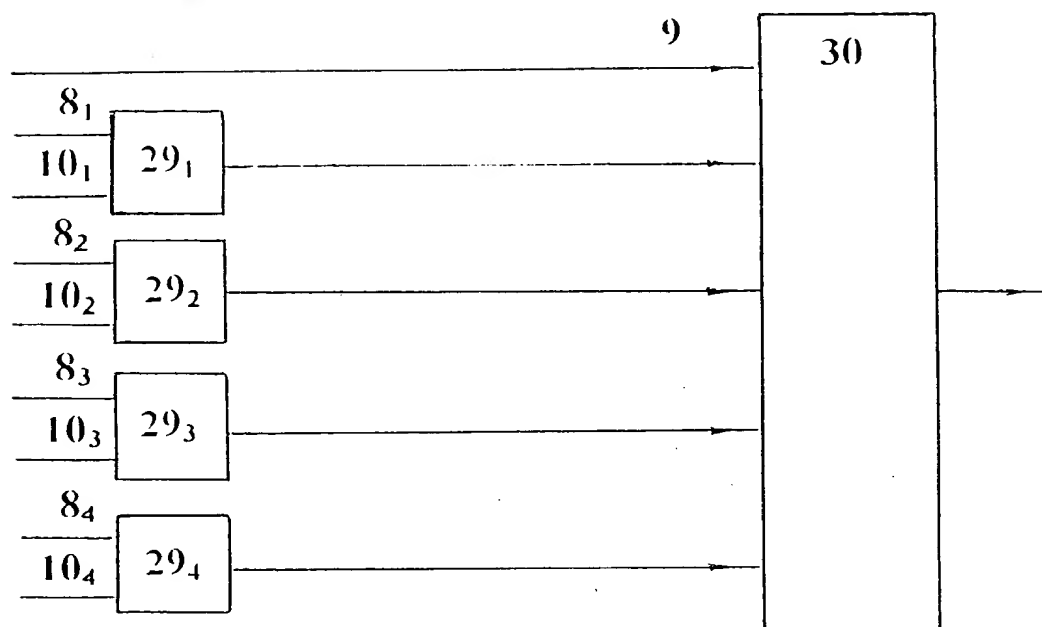
Фиг. 3

Способ обработки изображения



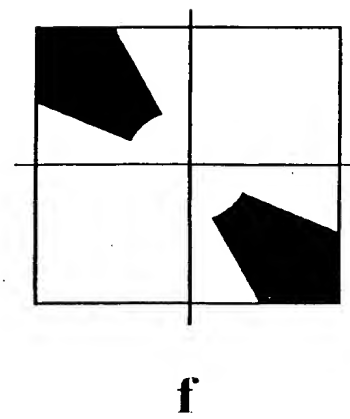
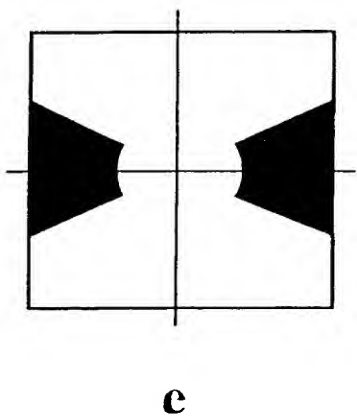
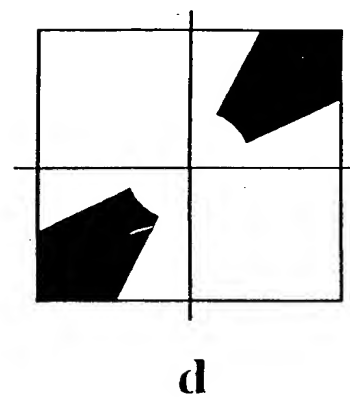
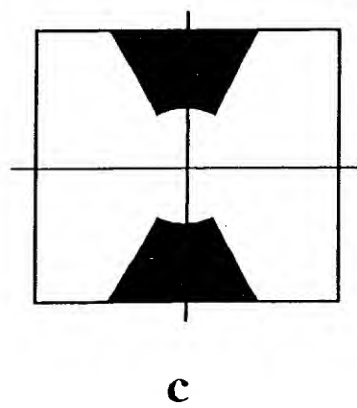
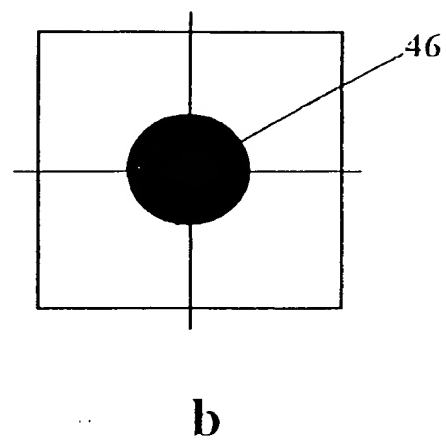
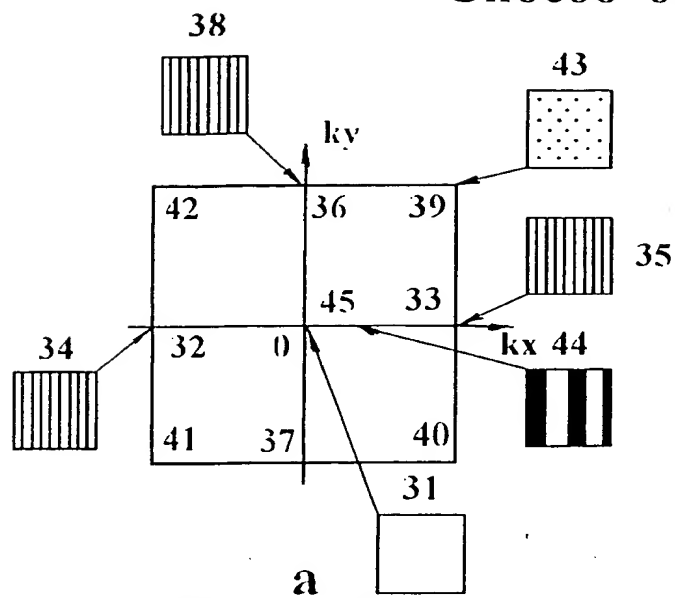
Фиг. 4

Способ обработки изображения



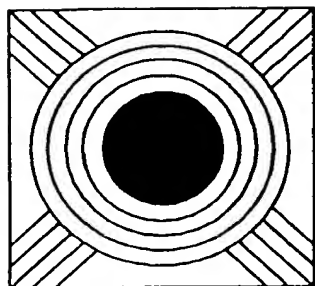
Фиг. 5

Способ обработки изображения

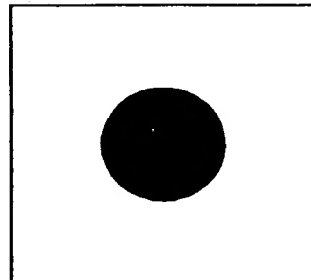


Фиг. 6

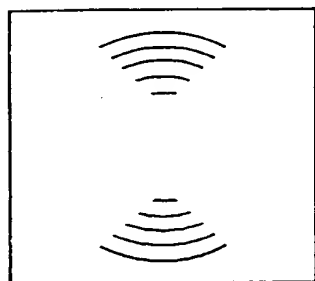
Способ обработки изображения



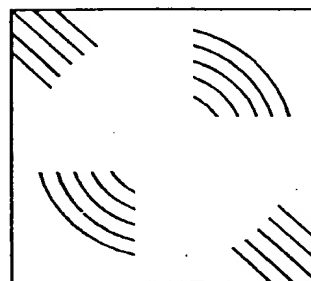
a



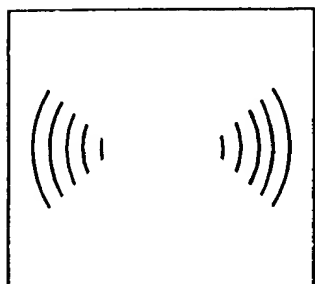
b



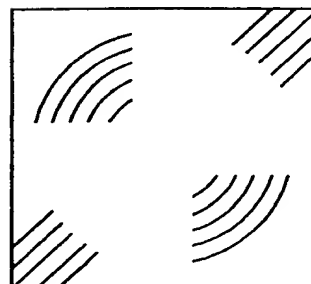
c



d



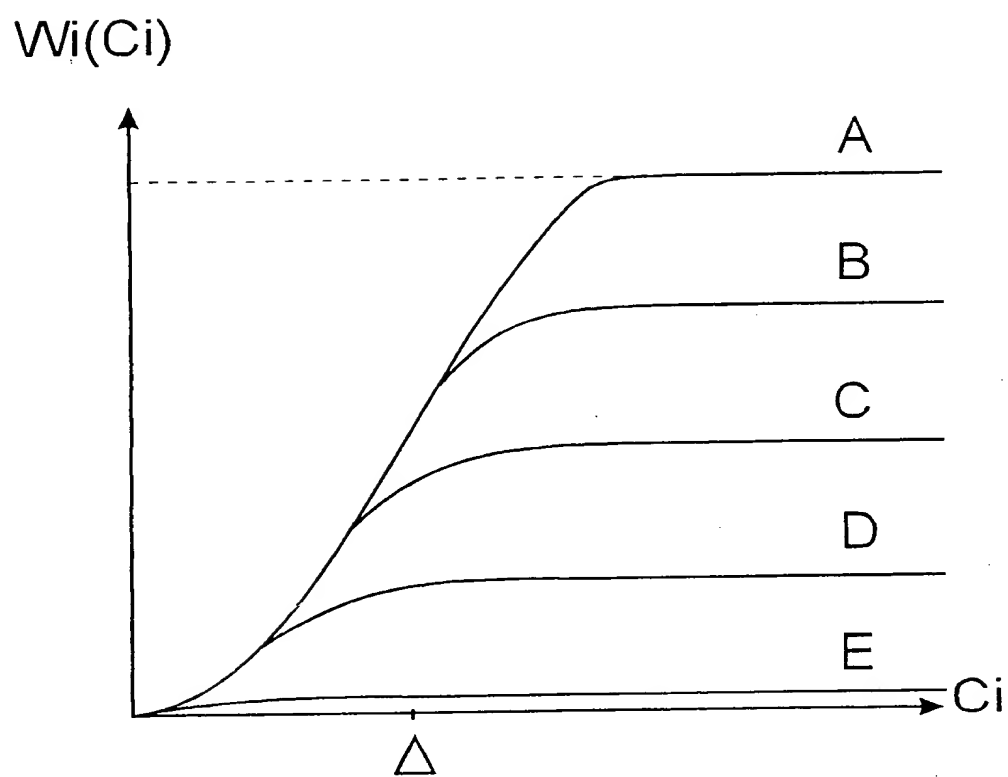
e



f

Фиг.7

Способ обработки изображения



Фиг. 8

РЕФЕРАТ

Способ обработки изображения

Изобретение относится к автоматике и вычислительной технике, в частности, к способам предварительной обработки изображений для повышения их резкости и контрастности.

Задачей заявляемого в качестве изобретения технического решения является повышение резкости и контрастности изображения при одновременном подавлении шумов.

Поставленная задача решается тем, что в способе обработки изображения, основанном на представлении исходного изображения в виде матрицы элементов изображения, разделении исходного изображения на n частотных каналов, каждый из которых содержит матрицу той же размерности, что и исходное изображение, выделении структур (деталей) изображения, отличающихся, например, по яркости от фона, и формировании выходного изображения из указанных выше n частотных каналов с учетом выделенных структур, при разделении изображения на частотные каналы выделяют низкочастотный канал и $n-1$ высокочастотных каналов, для выделения структур в каждом из $n-1$ выделенных каналов для каждого элемента изображения произ-

вводят вычисление корреляции между выбранным элементом изображения и окружающими его элементами изображения, сравнивают полученное значение корреляции со значениями корреляции для соответствующих по положению элементов изображений в других частотных каналах и с пороговым значением для данного канала, по результатам сравнения формируют для каждого из элементов изображений каждого из $n-1$ частотных каналов весовой коэффициент, а формирование выходного изображения производят путем суммирования каждого из элементов изображения низкочастотного канала со всеми произведениями соответствующих по положению элементов изображений $n-1$ частотных каналов на соответствующие им весовые коэффициенты.

This Page Blank (uspto)